

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ» СОГЛАСНО *ASTM D7899-19*

Корнеева В.К., Зыков Н.Д., Спиридович П.М., Капцевич В.М., Закревский И.В.

Белорусский государственный аграрный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

Описан метод «капельной пробы» и возможности его применения для анализа состояния работающего моторного масла и основных систем и механизмов двигателя (топливной системы, системы охлаждения, системы очистки масла, системы очистки воздуха, системы вентиляции картера). Приведен пример реализации метода «капельной пробы» согласно *ASTM D7899-19*. Показано изменение размеров и формы масляного пятна на хроматограмме в течение необходимого времени сушки.

Ключевые слова: моторное масло, «капельная проба», *ASTM*, хроматограмма, размер капли, время сушки

Обеспечение надежности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является комплексной задачей, решаемой по различным направлениям. Одним из важных направлений является контроль работоспособности моторных масел. Моторные масла являются важным элементом конструкции двигателя, влияющим на его ресурс, и могут надежно выполнять свои функции только при соответствии их свойств термическим, химическим и механическим воздействиям, которым оно подвергается на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей.

Моторные масла выполняют в ДВС комплекс функций, обеспечивают работоспособность узлов трения и одновременно стареют по естественным причинам, а поэтому могут ухудшать работоспособность узлов трения. Отсюда показатели качества моторных масел являются комплексными диагностическими параметрами, позволяющими выявлять причины неисправностей механизмов ДВС и повышенной интенсивности их изнашивания. Кроме того, показатели качества масел позволяют корректировать периодичность технического обслуживания машин, повышать надежность и срок их службы, а тем самым снижать затраты труда и средств на техническую эксплуатацию. Так, по данным [6] диагностирование по показателям масел позволяет на 40 % увеличивать межремонтный срок службы агрегатов машин, на 10 % снижать затраты на текущий ремонт, на 11 % сокращать расход запасных частей, на 6 % уменьшать расход топлива и вдвое снижать время простоев машин из-за отказов дизелей.

По изменению показателей качества моторных масел можно диагностировать неисправности, характерные для любых моделей ДВС [1]: неисправности топливной аппаратуры; утечки охлаждающей жидкости в масляную систему; нарушение герметичности агрегата; неисправности системы очистки масла; неисправности системы очистки воздуха; нарушение работы системы вентиляции картера.

Контроль масел возможен с использованием аналитических и экспресс-методов. Аналитические методы и соответствующие им средства позволяют

выявить фактическое качество любого товарного нефтепродукта. В технически развитых странах в течение нескольких последних десятилетий создавалась сервисная сеть лабораторий, оснащенных автоматизированным оборудованием. В нашей стране подобной сервисной сети нет, а капитальные и текущие затраты на создание и содержание такой лаборатории настолько велики, что многие предприятия, в том числе и крупные хозяйства, не могут позволить себе их создавать.

Экспресс-методы и соответствующие им средства доступны не только каждому сельскохозяйственному предприятию, но и частным владельцам сельскохозяйственной техники. Их применение позволяет снизить трудоемкость оценки качества масел при мониторинге на один–два порядка [2].

Одним из наиболее простых и наглядных экспресс-методов оценки показателей качества работающего моторного масла является метод «капельной пробы» [3, 7–11], заключающийся в нанесении капли масла на фильтровальную (индикаторную) бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна. Этот метод позволяет, во-первых, оценить моюще-диспергирующие свойства, что свидетельствует о работоспособности моторного масла, как конструкционных элементов двигателя, во-вторых, определить наличие воды, что может говорить об исправности охлаждающей системы, в-третьих, оценить присутствие топлива, что указывает на неисправность работы топливной системы, в-четвертых, оценить содержание механических примесей, по которым можно судить об износе пар трения и неисправности фильтрующей системы.

Моюще-диспергирующие свойства моторного масла определяются наличием моющих, диспергирующих и стабилизирующих присадок. Моющие присадки (детергенты), предотвращают образование нерастворимых загрязнений в масле, препятствуют образованию их отложений на поверхности деталей ДВС и обеспечивают удаление этих загрязнений. Диспергирующие присадки (дисперсанты) обеспечивают и поддерживают в мелкодисперсном состоянии продукты старения масла и неполного сгорания топлива, тем самым препятствуя образованию шлама. Стабилизирующие присадки восстанавливают и стабилизируют высокотемпературную вязкость моторного масла, обеспечивают защиту узлов трения двигателя при высоких нагрузках, предотвращает падение вязкости моторного масла при частых пусках холодного двигателя.

Попадание воды в моторное масло приводит к понижению вязкости, а, следовательно, потере смазывающей способности и образованию сильных водорастворимых кислот (повышение кислотного числа), приводящему к коррозионному изнашиванию деталей, что в конечном итоге приводит к выходу масла из строя.

Присутствие топлива в моторном масле, как и присутствие воды, приводит к снижению смазывающей способности, резко ухудшает его противоизносные свойства и способствует образованию нагара и лака на

трущихся поверхностях, а также его попадание уменьшает температуры вспышки, а, следовательно, и пожароопасность масла.

Механические примеси повышают вязкость моторного масла, вызывают нарушение сплошности масляной пленки, обуславливая контакт с металлическими поверхностями, что вызывает повышенный износ деталей ДВС.

На бумажной хроматограмме, полученной методом «капельной пробы» в сформированном масляном пятне выделяют четыре зоны (рисунок 1) [4].

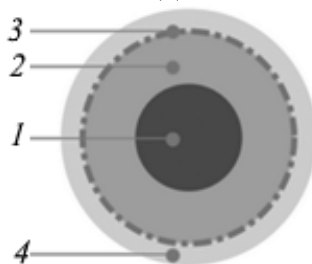


Рисунок 1 – Зоны масляного пятна: 1 – ядро; 2 – зона диффузии; 3 – зона воды; 4 – зона топлива

Каждая зона имеет свои характерные особенности.

В зоне ядра 1 осаждаются частицы механических примесей, не способные проникать в поры фильтровальной бумаги. Эта зона хорошо очерчена при небольшом пробеге двигателя и рабочем состоянии моторного масла. Интенсивность ее окраски характеризует количество механических примесей.

В зоне диффузии 2 располагаются мелкие частицы механических примесей, способные проникать в поры бумаги. Эта зона наиболее показательна, поскольку ее ширина характеризует самые важные при эксплуатации свойства масла – его моющую и диспергирующую способности. Данные свойства определяют, насколько масло успешно справляется с задачами очищения деталей двигателя, а также расщепления и предотвращения образования наиболее опасных крупных комков загрязнений.

Зона воды 3 представляет собой ровный невидимый контур, если в масле нет воды. Если же масло обводнено, то контур представляет собой ломаную, зигзагообразную линию. Если в масле, кроме воды, содержится охлаждающая жидкость – антифриз или тосол – то вокруг контура появляется желтое кольцо.

Зона топлива 4 – это светлый ореол, ширина которого зависит от количества несгоревшего топлива, проникшего в масло. Зона хорошо различима при просмотре теста «на просвет».

Американским обществом по испытанию материалов (*American Society for Testing and Materials*) разработан стандарт *ASTM D7899-19* [12], описывающий процедуру метода «капельной пробы» моторных масел. Для реализации этого метода каплю масла с помощью пипетки наносят на фильтровальную бумагу. При нанесении капли бумагу располагают в специальном держателе, предотвращая ее деформацию и контакт с любыми поверхностями. Держатель с фильтровальной бумагой и нанесенной каплей горизонтально размещают на 1 ч в сушильный шкаф или другое

нагревательное устройство с отсутствием принудительной конвекции при температуре 80 °С. Далее в течение 60 мин производят обработку полученного изображения.

Для реализации метода «капельной пробы» в полевых условиях, руководствуясь *ASTM D7899-19*, нами разработана установка для нанесения капли масла на фильтровальную бумагу (рисунок 2), состоящая из капельницы 1, закрепленной вертикально на штативе 2, с возможностью регулирования объема и высоты падения капли.

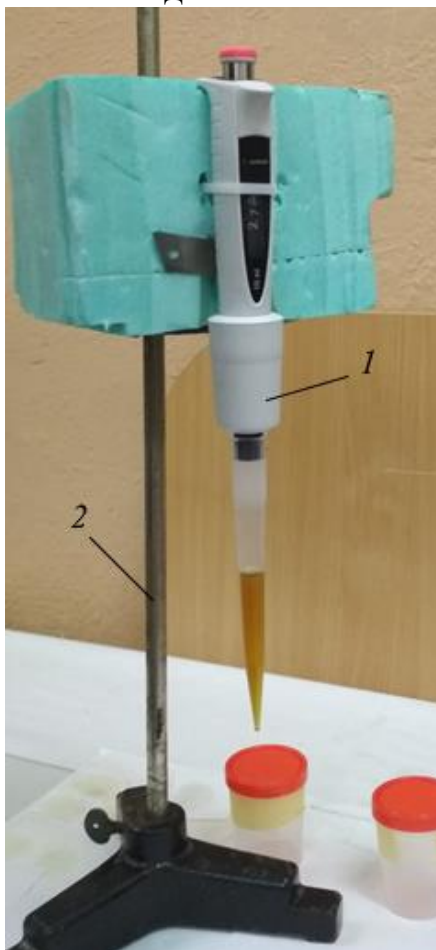


Рисунок 2 – Установка для нанесения капли на фильтровальную бумагу

Для сушки масляного пятна спроектировано и разработано устройство, способное поддерживать определенную температуру без подключения в сеть 220 В – закрытый электротигель ЗИВ (рисунок 3).



Рисунок 3 – Электротигель ЗИВ

Для проведения исследований работающего моторного масла марки 10W40 объем капли выбирался равным 15 мкл, высота падения – 25 мм. Держатель с фильтровальной бумагой «синяя лента» (размер пор 3–5 мкм, толщина 0,16 мм, пористость 0,78–0,8) и нанесенной каплей выдерживали в электротигле, нагретом до температуры 80 ± 5 °С в течение 1 ч [5]. В процессе проведения эксперимента при помощи камеры мобильного телефона фиксировали видеоизображение поведения капли.

На рисунке 4 показано поведение капли (масляного пятна) с момента нанесения ее на фильтровальную бумагу и в процессе последующей сушки.

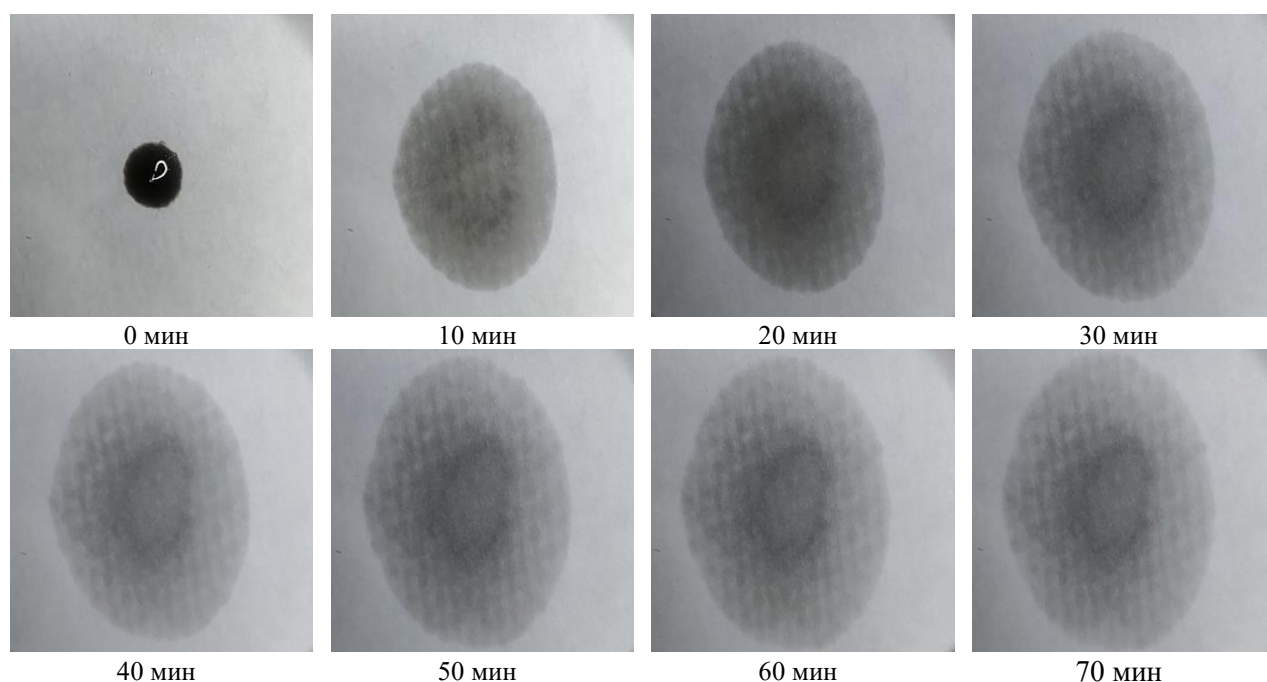


Рисунок 4 – Изменение размеров масляного пятна в процессе сушки

Анализ полученных изображений показал, что время сушки «капельной пробы» в течение 60 мин (согласно *ASTM D7899-19*) является необходимым и достаточным для фиксации изображения масляного пятна. За это время наиболее четко проявляются кольцевые зоны (ядро, зона диффузии, зона воды, зона топлива), характеризующие свойства самого масла и систем и механизмов двигателя в целом.

Список литературы

1. Власов Ю.А. Методология диагностики агрегатов автомобилей электрофизическими методами контроля параметров работающего масла: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / Ю.А. Власов. – Томск, 2015. – 368 л.
2. Гурьянов Ю.А. Портативные средства экспресс диагностики ДВС по параметрам масла / Ю.А. Гурьянов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – № 10. – С. 11–16.
3. Гурьянов Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.
4. Зыков Н.Д. Оценка старения моторного масла с помощью капельной пробы (метод Blotter Spot) / Н.Д. Зыков, И.В. Закревский И.В., В.К. Корнеева // Техсервис-2020: материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов (Минск, 20–22 мая 2020 года) / редкол.: А.В. Миранович [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2020. – С. 169-171.
5. Корнеева В.К. Динамика растекания и проникновения капли моторного масла на фильтровальной бумаге / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, П.М. Спиридович, А.Н. Рыхлик / Агропанорама. – 2021. – № 6. – С. 26-30.
6. Миклуш В.П. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники / В. П. Миклуш [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 392 с.
7. Розбах О.В. Экспресс-диагностика качества высокощелочных моторных масел способом «капельной пробы»: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О.В. Розбах. – Омск, 2006. – 137 л.
8. Серков А.П. Совершенствование обслуживания автотранспортных средств за счет диагностики технического состояния эксплуатационных материалов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.П. Серков – Омск, 2018. – 189 л.
9. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: пат. RU 2 649 095/ Г. Хорстмейер. – Оpubл. 29.03.2018.
10. Способ определения необходимости замены масла в дизелях: а.с. СССР 201768 / Н.С. Пасечников, Н.М. Хмелевой. – Оpubл. 22.11.1967.
11. Способ экспресс-оценки рабочих свойств работающих моторных масел в полевых условиях методом «масляного пятна»: пат. RU 2 563 206 / А.В. Дунаев, С.А. Соловьев. – Оpubл. 20.09.2015.
12. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

Сведения об авторах

Корнеева Валерия Константиновна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология металлов» факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375296628581, e-mail: lerakor1974@mail.ru).

Зыков Никита Дмитриевич – студент 3 курса факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический

университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375447212090, e-mail: nikitka.zykov.02@mail.ru).

Спиридович Павел Михайлович – магистрант кафедры «Технология металлов» факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375295096925, e-mail: spiridovich-pavel95@mail.ru).

Корнеева Валерия Константиновна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Технология металлов» факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375296628581, e-mail: lerakor1974@mail.ru).

Капцевич Вячеслав Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология металлов» факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375296311533, e-mail: slavakar47@mail.ru).

Закревский Игорь Владимирович – старший преподаватель кафедры «Технология металлов» факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (220023, Республика Беларусь, г. Минск, тел. +375296252056, e-mail: iv_zakrevski@mail.ru).

